

Artículo

Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad



Norman Aguilar-Gallegos^a, Enrique Genaro Martínez-González^a, Jorge Aguilar-Ávila^{b,*}, Horacio Santoyo-Cortés^b, Manrubbio Muñoz-Rodríguez^b y Edgar Iván García-Sánchez^a

^a Investigador, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, México

^b Profesor, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, México

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de marzo de 2016

Aceptado el 29 de junio de 2016

On-line el 24 de agosto de 2016

Códigos JEL:

Q16

O33

Palabras clave:

Redes de información

Sistema de innovación

Redes de innovación

Vínculos indirectos

Extensión agrícola

RESUMEN

Se analizan los efectos de las interacciones, directas e indirectas, entre agricultores y otros actores relevantes en el intercambio de información y conocimiento para la innovación agrícola. Los datos se obtuvieron al preguntar a 120 agricultores «¿de quién aprende y/o a quién recurre para obtener información o conocimiento de cuestiones técnicas y productivas en torno a su unidad de producción?». Se emplean indicadores del análisis de redes sociales para proponer lineamientos que permitan catalizar la innovación agrícola. Los resultados confirman la importancia de los vínculos indirectos, pues estos permiten que los agricultores alcancen mejor información de fuentes externas. Se recomienda que los programas encaminados a promover la innovación agrícola consideren la interacción preexistente en las redes de los agricultores.

© 2016 Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Social network analysis for catalysing agricultural innovation: From direct ties to integration and radiality

ABSTRACT

Both direct and indirect ties among farmers and other relevant actors involved in the exchange of information and knowledge for agricultural innovation are analyzed. Data collection was carried out by asking 120 farmers the following question: ‘Who do you learn from and/or who do you consult to get information or knowledge related to technical and productive aspects of your production unit?’ Indicators of the Social Network Analysis are used to propose guidelines which enable us to catalyze agricultural innovation. The findings highlight the importance of indirect ties, since these enable farmers to gain better knowledge from external sources. It is advisable that programs focused on fostering agricultural innovation take into account the pre-existing interaction patterns in farmers networks.

© 2016 Universidad ICESI. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

JEL classification:

Q16

O33

Keywords:

Information networks

Innovation system

Innovation networks

Indirect ties

Agricultural extension

* Autor para correspondencia: Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Carretera México-Texcoco km. 38.5, Chapingo, Estado de México C.P. 56230, México.
Correio electrónico: jaguilar@ciestaam.edu.mx (J. Aguilar-Ávila).

Análise de redes sociais para catalisar a inovação agrícola: desde os links diretos à integração e a radialidade

R E S U M O

Classificações JEL:

Q16
O33

Palavras chave:

Redes de informação
Sistema de inovação
Redes de inovação
Links indiretos
Extensão agrícola

São analisados os efeitos das interações, diretas e indiretas, entre agricultores e outros agentes relevantes para a troca de informação e conhecimento da inovação agrícola. Os dados foram obtidos perguntando a 120 agricultores «de quem aprende e/ou a quem se dirige para obter informações ou conhecimento de questões técnicas e produtivas em relação com a sua unidade de produção?». Indicadores da análise de redes sociais são usados para propor diretrizes para catalisar a inovação agrícola. Os resultados confirmam a importância dos links indiretos, pois permitem que os agricultores alcancem uma melhor informação de fontes externas. Recomenda-se que os programas de promoção da inovação agrícola tenham em conta a interação existente nas redes de agricultores.

© 2016 Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

La innovación es ampliamente reconocida como una fuente importante de mejora de la productividad, la competitividad y el crecimiento en todas las economías avanzadas y emergentes; también juega un papel primordial en la creación de empleos, generación de ingresos, reducción de la pobreza e impulso al desarrollo social (EU-SCAR, 2012; Hayami y Ruttan, 1989; OECD, 2005, 2013; Rajalahti, Janssen y Pehu, 2008; World Bank, 2012). Además, la innovación no solo se circunscribe a la introducción de nuevas prácticas o comportamientos, pues también se refiere a la actualización y mejora de procesos y productos existentes (OECD, 2005), en donde la mejora se obtiene principalmente de innovaciones incrementales, sin dejar a un lado las radicales (Perez, 2004).

Bajo este contexto, el crecimiento de las áreas rurales se sustentará en su capacidad para modernizar su economía con base en la innovación, lo cual implica producir bienes y servicios que puedan colocarse en los mercados locales e internacionales; así, el foco en la innovación representa un paso importante en la evolución de las políticas agrícolas (OECD, 2014). En este escenario, la innovación no es solamente responsabilidad de los agricultores, sino también es del ámbito y acción del gobierno, pues esta no solo tiene beneficios para los que innovan, sino también para otros actores (EU-SCAR, 2012); es decir, la innovación genera externalidades positivas.

Además, se ha documentado con estudios empíricos que los actores involucrados en los procesos de innovación agrícola no innovan de forma aislada, sino que lo hacen a través de la interacción con otros agricultores, agroindustrias, organizaciones, investigadores, instituciones financieras, comercializadores, el gobierno, entre otros (Hartwich, Monge Pérez, Ampuero Ramos y Soto, 2007; Klerkx, Aarts y Leeuwis, 2010; Muñoz Rodríguez, Altamirano Cárdenas, Aguilar Ávila, Rendón Medel y Espejel García, 2007b). Es decir, la innovación agrícola es un fenómeno organizacional influenciado por los comportamientos individuales, la interacción, la coordinación y la acción colectiva; esta se basa sobre todo en la capacidad de los actores para identificar oportunidades, evaluar los retos que implica, acceder a los recursos humanos, sociales y de capital necesarios para desarrollar actividades innovadoras, así como al intercambio de conocimientos e información (Aguilar-Gallegos, Muñoz-Rodríguez, Santoyo-Cortés, Aguilar-Ávila y Klerkx, 2015; De Artheche, Santucci y Welsh, 2013; Klerkx, Hall y Leeuwis, 2009; Muñoz Rodríguez y Santoyo Cortés, 2010; World Bank, 2012). De esta forma, varios autores (Rogers, 2003; Spielman, Ekboir, y Davis, 2009; Valente, 1996) han destacado la importancia de analizar estos intercambios de información y conocimiento para la innovación, en donde metodologías robustas como el análisis de redes sociales (ARS) adquieren cada vez

más relevancia (Borgatti, Everett y Johnson, 2013; Jackson, 2008; Valente, 1995; Wasserman y Faust, 1994).

Para asegurar que el rol de la innovación se concrete, es importante desarrollar una mejor comprensión de cómo esta surge en los territorios agrícolas, donde convergen una serie de actores que influyen en todo el sistema de innovación. Por ello, en esta investigación se plantea como objetivo analizar los efectos de las interacciones, directas e indirectas, entre los agricultores y con otros actores relevantes en los procesos de innovación agrícola. Esto se realiza tomando como base los indicadores del ARS en cuanto a su conectividad, alcance y accesibilidad a la información y conocimiento, para proponer lineamientos que permitan catalizar la adopción de prácticas, tecnologías e innovaciones en territorios agrícolas.

El artículo está organizado de la siguiente forma: la sección 2 provee un marco teórico para sentar las bases de la investigación; se hace énfasis en la importancia del ARS, algunos de sus indicadores y su aplicación para analizar la difusión de innovaciones. La descripción de la metodología, el origen y tipo de datos, así como el análisis de los mismos, son presentados en la sección 3. Posteriormente, para destacar la importancia de los indicadores empleados y su correcta interpretación, se desarrolla la sección 4. El análisis de los principales resultados y la discusión de los mismos se ofrecen en la sección 5. Finalmente, se plantean algunas conclusiones relacionadas con el uso de indicadores indirectos del ARS, así como recomendaciones con implicaciones de política pública (sección 6).

2. Marco teórico

Para proveer un marco teórico robusto en el cual se sientan las bases de este artículo, primero se desarrolla el tema del análisis de redes sociales (ARS), donde se incluyen las bases conceptuales, definiciones y los tipos de vínculos que pueden existir en una red. Posteriormente, se explican algunos de los principales indicadores que se pueden generar al momento de usar el ARS. Finalmente, se cierra esta sección destacando algunas de sus aplicaciones en el análisis de los procesos de difusión y adopción de innovaciones en el sector agrícola.

2.1. Análisis de redes sociales

El ARS estudia los vínculos entre actores o nodos; su principal objetivo es detectar e interpretar patrones derivados de las relaciones establecidas entre ellos. Es decir, el ARS busca describir una estructura social en términos de una red e interpretar las relaciones existentes entre los actores, tomando en cuenta su posición dentro de dicha estructura (Marsden, 1990). De esta forma, una red

social consta de un conjunto finito de actores y de uno o más tipos de relaciones. La información relacional entre los actores, y que por tanto los vincula, es una característica fundamental de una red social (Wasserman y Faust, 1994). La importancia de estos vínculos interpersonales radica en que es a través de ellos que se pueden transmitir comportamientos, actitudes, información, bienes o mercancías (De Nooy, Mrvar y Batagelj, 2005). En particular, en el sector agropecuario se ha utilizado el ARS para analizar los patrones de interacción entre diferentes actores para estudiar lo que se conoce como redes de innovación (Aguilar Ávila, Rendón Medel, Muñoz Rodríguez, Altamirano Cárdenas y Santoyo Cortés, 2011; Muñoz Rodríguez et al., 2007b; Muñoz Rodríguez y Santoyo Cortés, 2010; Spielman, Ekboir, Davis y Ochieng, 2008).

De esta forma, se denomina red de innovación a la estructura social derivada del nivel de relacionamiento dado entre los agricultores y otros actores para intercambiar información y conocimiento para incrementar los niveles de innovación en el sector agrícola. Lo anterior, a un nivel más amplio de relacionamientos con diferentes estructuras, daría como resultado lo que se conoce como sistemas de innovación agrícola, que se caracterizan por la interacción de actores con diferentes roles que están introduciendo e intercambiando, entre otros recursos, información y conocimiento, nuevo o existente, en donde algunos actores están facilitando la formación y mantenimiento de dichas redes (Klerkx et al., 2010; Klerkx y Leeuwis, 2008; Muñoz Rodríguez y Santoyo Cortés, 2010; Spielman et al., 2008). Así, con la aplicación del ARS se puede analizar y entender de dónde proviene la información y el conocimiento para que el agricultor pueda innovar dentro de su sistema de producción. Como indica Valente (1995), el enfoque de redes ayuda a entender quién influye sobre quiénes en un sistema social.

Para ello, una técnica común en el ARS es utilizar lo que se conoce como generadores de nombres, basados en preguntas clave que permiten delimitar las fronteras de la red. La técnica básica es preguntar a cada actor con quiénes está vinculado, dependiendo del tipo de relación de interés, dando lugar a un listado de nombres con el cual cada uno de los actores entrevistados está en contacto directo (Marsden, 1990, 2005). De esta forma, dependiendo de la naturaleza de la pregunta o incluso de la metodología de obtención de datos y su análisis, los vínculos se pueden considerar de 2 tipos: dirigidos (usados en estudios de intercambios de información y conocimiento, por ejemplo Aguilar-Gallegos et al., 2015) y no dirigidos (comunes en estudios de colaboración científica, por ejemplo Aguirre, 2015; Stefano, Fuccella, Vitale y Zaccarin, 2013). Por lo regular, en estudios de difusión de innovaciones (ver Valente, 1996, quien recoge datos de 3 estudios y describe el tipo de preguntas efectuadas para obtener los datos) se entiende que el tipo de vínculo que establecen los productores es dirigido y binario (Marin y Wellman, 2011).

Al contextualizar estos indicadores con el apoyo de la teoría de grafos, el ARS permite analizar características de toda la red y de la posición individual de cada actor dentro de ella (Hanneman y Riddle, 2011; Velázquez-Álvarez y Aguilar-Gallegos, 2005). En particular, el análisis gráfico permite realizar representaciones de redes como un modelo de un sistema social a través del uso de puntos (nodos o actores) y líneas (vínculos o enlaces) que son usadas para representar las relaciones entre los actores (Borgatti et al., 2013; Wasserman y Faust, 1994).

2.2. Indicadores del análisis de redes sociales

Este apartado hace referencia a algunos de los indicadores tradicionalmente utilizados en el ARS que se consideran como de primer orden (centralidad de grado e intermediación). Un indicador de primer orden es aquel que vincula directamente a 2 nodos a través de un solo paso. También se profundiza en los indicadores que toman en cuenta los vínculos indirectos (integración,

radialidad y centralidad de Bonacich), que se catalogan como de segundo orden, los cuales serían aquellos que logran vincular a 2 nodos a través de 2 o más pasos.

2.2.1. Centralidad de grado

La centralidad de grado de un actor es el número de otros actores a los cuales un actor dado es adyacente, es decir, están directamente conectados por un vínculo (Freeman, 1979). En redes no dirigidas, un actor difiere solo por el número de conexiones que tienen. Sin embargo, en redes dirigidas es importante distinguir entre la centralidad del grado de entrada y del grado de salida (Hanneman y Riddle, 2011). Así, el grado de entrada se refiere al número de vínculos que recibe un actor, provenientes de otros; por otra parte, el grado de salida es el número de vínculos que manda o envía un actor hacia otros (De Nooy et al., 2005; Jackson, 2008).

2.2.2. Intermediación

La intermediación se basa en la frecuencia con la cual un nodo está ubicado entre los caminos más cortos (geodésicos) que conectan a pares de otros nodos en la red (Freeman, 1979). Es decir, la intermediación de un actor depende del grado en el cual este es necesario como enlace para conectar a otros nodos y con ello facilitar la propagación de información dentro de la red (De Nooy et al., 2005; Jackson, 2008).

2.2.3. Integración

La integración (Valente y Foreman, 1998) se refiere al grado en el cual un actor está conectando a muchos y diversos actores en una red. Un actor integrado puede ser alcanzado por otros actores fácil y rápidamente, por lo cual este indicador puede ser tomado como una medida de cercanía, pero también de conectividad; su cálculo se basa en los grados de entrada. La integración no solo toma en cuenta los vínculos directos, sino también los que están más allá de los vínculos que los conectan directamente.

2.2.4. Radialidad

La radialidad (Valente y Foreman, 1998) hace referencia al grado en el cual las relaciones de un actor, enviadas hacia la red, proveen acceso a varios y diversos nodos, permitiéndole alcanzarlos y además insertarse en la red. Este indicador también puede ser tomado como de cercanía, aunque también de alcance. La radialidad, por tanto, está basada en los grados de salida y, al igual que la integración, va más allá de los vínculos directos de los actores a los cuales está conectado. De esta forma, un actor con un nivel alto de radialidad es capaz de alcanzar a muchos más actores en la red a través de pocos pasos debido a los vínculos indirectos de otros nodos (Costenbader y Valente, 2003).

2.2.5. Centralidad de Bonacich

Bonacich (1987) propuso un indicador basado en la idea de que el estatus de un actor dentro de una red es una función del estatus de aquellos con los que se está conectado, para lo cual utiliza un parámetro β , cuya magnitud afecta el grado en el cual los vínculos distantes son tomados en cuenta. Cuando β es cero, la medida es la centralidad de grado; pero cuando β incrementa, los vínculos indirectos toman más relevancia. Además, β puede tomar valores tanto positivos como negativos; en el primer caso, la medida resultante hace referencia a la centralidad de un actor; en el segundo, el indicador representa una medida de poder.

2.3. Aplicaciones del análisis de redes sociales en la difusión y adopción de innovaciones

El ARS se ha utilizado en diferentes estudios donde se analiza el proceso de difusión y adopción de innovaciones, con diferentes perspectivas. Así, para analizar los procesos de innovación con

productores agrícolas, [Monge Pérez y Hartwich \(2008\)](#) hicieron uso de los indicadores de centralidad de grado (salida y entrada), el primero para los agricultores y el segundo para los llamados agentes de cambio. [Isaac \(2012\)](#) empleó un análisis de red personal tomando a los productores de cacao (*egos*) y a sus contactos (*alters*) para estudiar la estructura de las redes de información y su repercusión con los sistemas de innovación agrícola. Por su parte, [Wood et al. \(2014\)](#) utilizaron un análisis egocéntrico para investigar las redes en las cuales los productores, con experiencia en praderas, intercambian conocimiento. Recientemente, [Aguilar-Gallegos et al. \(2015\)](#) utilizaron el ARS para explicar el intercambio de información y conocimiento entre grupos de productores de palma de aceite. Sin embargo, aunque los hallazgos y avances de estos estudios hacen referencia a la importancia del uso del ARS, solo se han limitado a analizar los vínculos de primer orden, sin considerar a los de segundo orden. Estos vínculos son importantes porque es a través de ellos que un actor puede alcanzar ciertas ideas, conocimiento e información que socialmente es distante para él ([Granovetter, 1973](#)). En este sentido, este artículo contribuye a la literatura existente sobre el uso del ARS, aplicado a los procesos de intercambio de información y conocimiento para la innovación, porque se discuten los indicadores de primer orden o directos, pero se pone énfasis en los de segundo orden o indirectos.

3. Metodología

Esta sección se desarrolla en 2 partes. En la primera se presenta el origen de los datos, así como la forma en la que se recolectaron; se hace énfasis en los datos relacionales para formar la red de intercambio de información y conocimiento entre productores y otros actores. En la segunda, se hace una breve descripción del tipo de análisis efectuado, tomando como base los indicadores del ARS explicados anteriormente (ver sección 2.2), y se mencionan los diferentes software empleados en los apartados del artículo.

3.1. Origen y recolección de datos

Para analizar el patrón de interacciones y su relación con los procesos de innovación se recurrió a un padrón depurado de 180 productores de hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg). Para determinar la muestra se utilizó un muestreo aleatorio simple y se asumió máxima varianza, con un nivel de confianza de 95% y un 5% de error; el tamaño resultante fue de 123 productores, de los cuales se logró localizar y entrevistar a 120, mismos que forman parte de la principal región productora del estado de Oaxaca (México), mayormente del municipio de San Juan Bautista, Tuxtpec, que se encuentra ubicado en las coordenadas 18°05'24" latitud norte y 96°06'50" longitud oeste. Según datos de la [SAGARPA-SIAP \(2014\)](#), en el año 2012 el estado de Oaxaca contribuyó con el 13,4% de la superficie cosechada de hule en México. Además, este cultivo es importante porque genera una gran cantidad de mano de obra durante todas las fases del cultivo, pues se cosecha prácticamente todo el año ([Aguirre Ríos y Santoyo Cortés, 2013](#)) y es una actividad realizada por productores mayores a 50 años de edad ([Aguilar Gallegos, Muñoz Rodríguez, Santoyo Cortés y Aguilar Ávila, 2013](#)).

Para la colecta de información se utilizó una encuesta que incluía una sección sobre la adopción de prácticas, tecnologías e innovaciones relacionadas al cultivo del hule; este apartado se utilizó para calcular el índice de adopción de innovaciones (INAI) ([Muñoz Rodríguez, Aguilar Ávila, Rendón Medel y Altamirano Cárdenas, 2007a](#)), en donde a mayor INAI, mayor es la adopción, y viceversa; junto con ello se incluyó una sección generadora de nombres ([Marsden, 2005](#)). Para este último caso, la información se colectó preguntando a los productores «¿de quién aprende y/o a quién recurre usted para obtener información o conocimiento

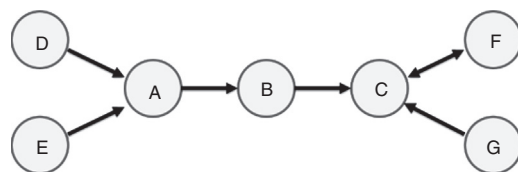


Figura 1. Ejemplo de una red de 7 nodos con 7 vínculos.
Fuente: elaboración propia.

de cuestiones técnicas y productivas en torno a su unidad de producción?». Las fuentes de información y de conocimiento mencionadas se codificaron y registraron en una base de datos ([Velázquez-Álvarez y Aguilar-Gallegos, 2005](#)) para construir una red modo-uno, en la cual cada nodo puede estar relacionado con cualquier otro en la red ([De Nooy et al., 2005](#); [Wasserman y Faust, 1994](#)).

3.2. Análisis de los datos

En el análisis de los datos se utilizaron diferentes tipos de software, según la etapa. En un primer momento y para la visualización de la red, se utilizó NetDraw v. 2,139 ([Borgatti, 2002](#)). En un segundo momento, para la obtención de los indicadores de primer y segundo orden se utilizó Ucinet v6 ([Borgatti, Everett y Freeman, 2002](#); [Borgatti et al., 2013](#)). Finalmente, en la tercera etapa, para el análisis de los indicadores del ARS y sus niveles de correlación, se utilizó el software estadístico SAS para Windows v9 ([SAS, 2004](#)).

4. Uso e interpretación de los indicadores del análisis de redes sociales

Es importante desarrollar este apartado debido a que durante el análisis de la red de intercambio de información y conocimiento para la innovación se podrían interpretar de manera incorrecta los resultados de cada indicador. Esto suele ocurrir por el tipo de pregunta planteada a los entrevistados; tal como indica [Marsden \(2005\)](#), los generadores de nombres siempre se refieren a un tipo específico de vínculo; en el caso aquí estudiado es un vínculo para la búsqueda y acceso a información y conocimiento. Sin embargo, durante la visualización de la red el flujo de cada vínculo puede llevar a interpretaciones erróneas, pues los vínculos son dirigidos y binarios. Por ejemplo, un vínculo del tipo $A \rightarrow B$ indica que A refiere al nodo B como fuente de información, y no que A le enseña a B. De esta forma, se retoma la descripción de los indicadores del ARS descritos anteriormente para desarrollar la interpretación de cada uno de ellos.

Para explicar esto se presenta la [figura 1](#), la cual ilustra una red hipotética bajo el supuesto de haber formulado a cada uno de los siete nodos la pregunta «¿de quién aprende y/o a quién recurre usted para obtener información o conocimiento de cuestiones técnicas y productivas en torno a su unidad de producción?». Todos los nodos tienen un grado de salida, y debido a la pregunta realizada, cada uno de los vínculos se interpretaría como que el nodo i recurre al nodo j para adquirir información y conocimiento para innovar. Por ejemplo, E y D recurren al nodo A, y este al nodo B, y así sucesivamente hasta llegar a que G refiere a C y este a F, pero a su vez F también dice recurrir a C para el mismo fin. Entonces, bajo estas implicaciones, los grados de salida se interpretan como la búsqueda de información y conocimiento. Por otra parte, los grados de entrada de cada nodo indican la relevancia que tiene un actor como fuente de información y conocimiento. En el caso hipotético, 4 de los 7 nodos (A, B, C y F) son fuentes de información para otros nodos, y los 3 nodos restantes (D, E y G) no son referidos, es decir, sus grados de entrada son cero.

Siguiendo la definición de intermediación (Freeman, 1979), en la figura 1 se tiene que los nodos con mayor nivel de intermediación son A y B debido a que se encuentran con mayor recurrencia en los caminos geodésicos de los pares de nodos; por ejemplo, los pares D-F, E-C, etc. En total, ambos están intermediando a 6 pares. El nodo C solo intermedia a 5 pares. Los restantes 4 nodos no intermedian ningún camino geodésico y, por tanto, su intermediación es cero. Es así que, considerando el par de nodos D-B y al nodo A que los vincula, se interpreta que A intermedia la información recibida por B, y que a su vez D está recibiendo de A. Así sucesivamente para cada par de nodos junto con el nodo que intermedia su conexión. Debido al tipo de pregunta realizada, no se interpreta este indicador a la inversa, lo cual significaría que el nodo A está intermediando la información de D hacia B.

Con respecto a la integración y la radialidad (Valente y Foreman, 1998), el primer indicador se deriva de los grados de entrada y el segundo de los grados de salida. Así, en la figura 1 el nodo más integrado es C, seguido por F, luego B y al final A; para los otros 3 nodos (D, E y G) su indicador de integración es cero porque su grado de entrada es cero. Sin embargo, ¿por qué el nodo A tiene menor integración que F, si el primero tiene 2 grados de entrada y el segundo solo uno? Esto se debe a que la integración toma en cuenta los vínculos indirectos y básicamente F tiene mayor integración debido a C. Por otra parte, los nodos de mayor radialidad en la figura 1 son D y E (con el mismo valor), seguido de A y después de B y G (estos 2 últimos con la misma radialidad) y al final de C y F. En este sentido, aunque todos los nodos tienen un solo grado de salida, existen diferentes niveles de radialidad porque este indicador toma en cuenta los vínculos indirectos. Así, D y E tienen los mayores niveles debido a la radialidad de A, luego de B y C. A su vez, los nodos C y F tienen la menor radialidad porque solo se alcanzan uno a otro a través de sus grados de salida.

Para entender mejor estos últimos 2 indicadores, se puede decir que en una red tipo estrella con 5 nodos y con vínculos dirigidos hacia adentro, el nodo central (con 4 grados de entrada) tiene una integración del 100% (se menciona en porcentaje porque ambos indicadores se pueden normalizar), es decir, este nodo integra a la totalidad de los nodos en la red. Por otra parte, cada uno de los 4 nodos periféricos (con un grado de salida) tiene una radialidad normalizada de 25%, indicando que cada uno de ellos solo alcanzaría a un cuarto de los nodos involucrados en la red, que sería el nodo central. Por tanto, un nodo con mayor integración será una buena fuente de información y conocimiento para los actores de la red, y viceversa; por otra parte, un nodo con mayor radialidad tiene la posibilidad de alcanzar a los integrantes de la red y de insertarse en ella (Costenbader y Valente, 2003). Se podría decir que un nodo radial sabe cómo moverse en la red.

Por último, en la centralidad de Bonacich (1987) se utilizó un valor positivo de $\beta = 0,4$ porque se analiza la centralidad o influencia de los actores en la red y no estructuras de poder o jerárquicas. Tampoco se ocupa un valor más alto de β , porque eso implicaría asumir que una vez que un entrevistado hace referencia a un actor fuente, es más probable que emita la información que recibe de ese actor, y que esta será enviada o transmitida a otros actores de la red, y así sucesivamente. Es decir, valores bajos de β implican que la información se transmite más localmente que hacia la estructura de toda la red. Por tanto, un mayor valor de este indicador para un nodo se podría interpretar como que ese actor tiene mayor nivel de relevancia o influencia en la red, y entonces se tomaría como un nodo fuente importante.

En este sentido, en la red de la figura 1 el nodo con mayor centralidad de Bonacich es el C, seguido en orden por F, A y B; los nodos D, E y G tienen una centralidad de cero. Una vez más el nodo C vuelve a tener un mejor indicador debido a los grados de entrada, pero también porque los nodos a los que está conectado tienen otros vínculos.

5. Resultados y discusión

Primero se presenta un análisis visual de la red de intercambio de información, agregando características atributivas a los nodos para una mejor comprensión. Posteriormente se analiza y discute la red usando los indicadores del ARS y se añade una variable que da cuenta de los niveles de adopción de innovaciones (Aguilar-Gallegos et al., 2015; Muñoz Rodríguez et al., 2007a) de los productores. Al final, se analiza la correlación entre los indicadores obtenidos y los niveles de adopción.

5.1. La red de intercambio de información y conocimiento de los productores de hule

La figura 2 representa la red de información de los productores de hule, quedando conformada por 167 nodos clasificados en 4 tipos de actores: los agricultores encuestados (120, identificados en círculos grises), los agricultores referidos por los entrevistados y no entrevistados (35, marcados con cuadrados grises pero más tenue), los prestadores de servicios profesionales (PSP) o extensionistas (9, visualizados en triángulos negros) y otros actores como son familiares y proveedores de insumos (3, identificados por diamantes en blanco). Los 120 agricultores generaron menciones a sus pares y a los otros actores por 163 vínculos dirigidos. Aunque se puede visualizar que cada productor tiene uno o varios vínculos de salida, existe una subred (lado izquierdo de la fig. 2) con mayor densidad de vínculos que el lado derecho. En toda la red solo existió un agricultor (ER002, ubicado del lado superior izquierdo) que no mencionó a ningún otro actor y tampoco fue referido.

En la red de intercambio de información (fig. 2) se incluyó, como una característica atributiva de los productores (círculos grises), el índice de adopción de innovaciones (INAI), y ello para visualizar la relación del INAI con la red que generan los productores. Así, se pueden observar ciertos patrones en los niveles de innovación y estructuras de subredes: existen productores conectados solo a extensionistas y que tienen INAI altos (fig. 3a), es decir, solo tienen una fuente de información, pero esta se puede considerar de calidad, ya que con un solo vínculo tienen niveles de innovación altos. Algunos autores (Aguilar-Gallegos et al., 2015; Bozoğlu y Ceyhan, 2007; Isaac, 2012; Monge Pérez y Hartwich, 2008) han encontrado situaciones similares porque cuando un productor está vinculado a extensionistas, tiene mayor probabilidad de adoptar buenas prácticas e incrementar sus niveles de innovación.

De la misma forma, existen productores conectados a otros productores (fig. 3b), aunque no se observan regularidades en los niveles del INAI. Por otra parte, en la red es común encontrar productores que están conectados a otros productores y también a extensionistas (fig. 3c), es decir, tienen fuentes variadas de información y conocimiento; esto sucede principalmente en la subred más conectada (fig. 2, lado izquierdo).

Cuando se da la relación Productor2 \rightarrow Productor1 \rightarrow PSP (fig. 3d), se puede inferir que el que recibe mejor información es el Productor 2, ya que casi tiene el mismo nivel de INAI e incluso mayor que el Productor 1, que a su vez funciona como intermediario de la información y conocimiento que le provee el Extensionista (PSP). En la parte de la red más conectada es recurrente observar subredes con un mayor nivel de interacción en donde los productores por lo general tienen INAI altos (fig. 3e) y en donde se conjuntan los patrones de interacción antes mencionados.

Al final, después de analizar las estructuras y patrones de interacción (fig. 3) dentro de la red de información (fig. 2), se puede inferir que existen productores más radiales que otros. Por otra parte, las menciones de los productores hacia otros productores y actores en la red hace que existan nodos bien integrados en la red. Con estos resultados, se puede decir que tanto la radialidad como la integración (Valente y Foreman, 1998) parecen estar relacionados

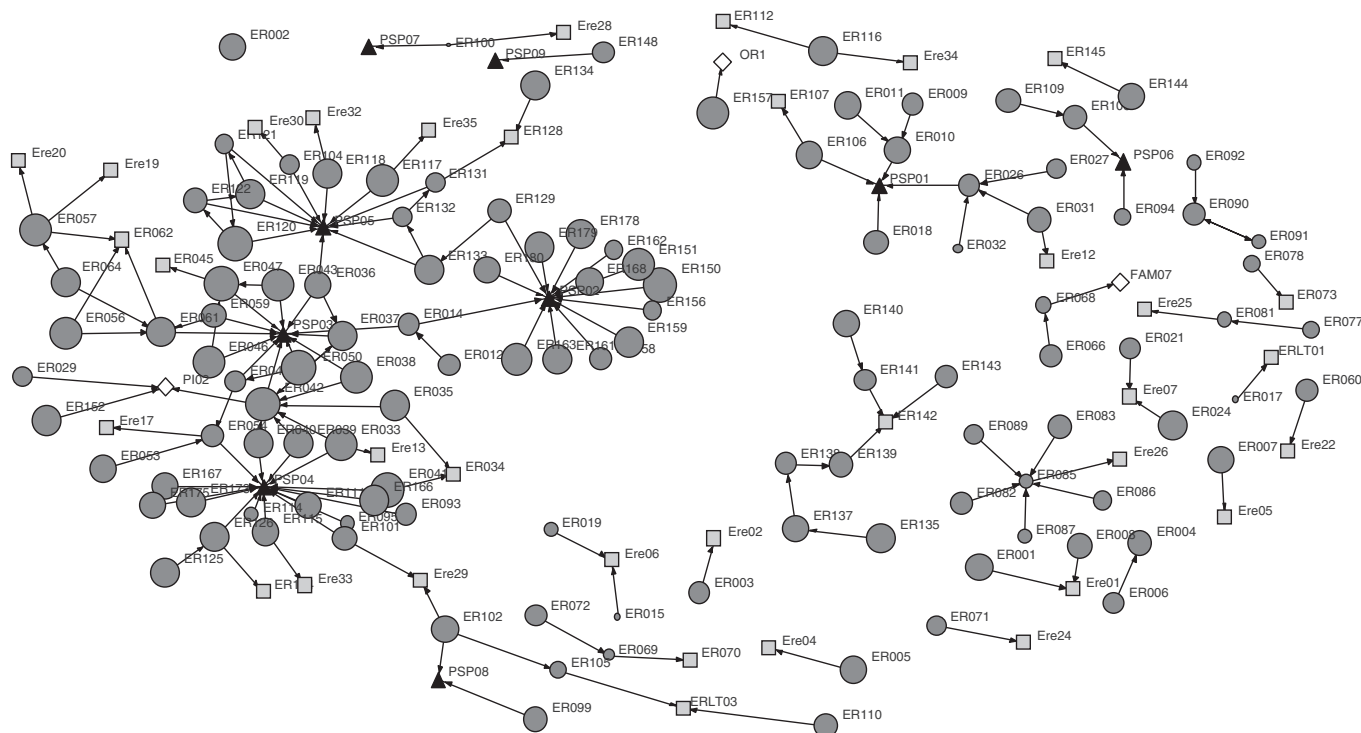


Figura 2. Red de información e INAI de los productores de hule. El tamaño del nodo indica el nivel de innovación de los productores de hule (círculos grises, iniciales ER). Para el caso de los productores referidos, pero no encuestados (cuadrados con color gris tenue, iniciales Ere, Er y ERLT), los extensionistas (triángulos en negro, iniciales PSP) y otros actores (diamantes en blanco, otras iniciales), el tamaño del nodo está basado en el promedio del INAI de los productores, esto solo por motivos de visualización. Fuente: elaboración propia.

Tabla 1
Estadísticos descriptivos del análisis de redes sociales (ARS) y niveles de innovación (índice de adopción de innovaciones [INAI]) de los 120 productores de hule

Indicador/Variable	Mínimo	Media	Máximo	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Grado de salida	0,0000	1,3583	3,0000	0,5912	43,5
Grado de salida normalizado	0,0000	0,8150	0,0180	0,0035	43,5
Grado de entrada	0,0000	0,4083	6,0000	0,9212	225,6
Grado de entrada normalizado	0,0000	0,2450	0,0360	0,0055	225,6
Intermediación	0,0000	0,7417	16,0000	1,8909	255,0
Intermediación normalizada	0,0000	0,0027	0,0580	0,0069	252,9
Integración	0,0000	0,0128	0,1630	0,0279	217,5
Integración normalizada	0,0000	0,3212	4,0660	0,6976	217,2
Radialidad	0,0000	0,0430	0,1270	0,0252	58,7
Radialidad normalizada	0,0000	1,0779	3,1630	0,6322	58,7
Centralidad de Bonacich	0,0000	0,1680	2,6610	0,3860	229,7
Vínculo con extensionista	0,0000	0,5083	1,0000	0,5020	98,8
INAI	0,1917	0,3847	0,4816	0,0599	15,6

Fuente: elaboración propia.

con los niveles de innovación de los productores, asunto que se abordará a continuación.

5.2. Análisis de redes sociales y niveles de innovación

En la **tabla 1** se presentan estadísticos descriptivos de indicadores del ARS, calculados para cada uno de los agricultores entrevistados, considerando toda la red (**fig. 2**); es decir, solo se toman los indicadores de los 120 entrevistados, pero para su cálculo se consideró toda la red formada por los 167 nodos.

Aunque la red de información de los productores de hule está relativamente conectada y solo se encontró un productor aislado, los promedios de vínculos son bajos. Los resultados indican (**tabla 1**) que en promedio cada productor establece 1,36 vínculos con sus pares y otros actores para la búsqueda de información (grados de salida); sin embargo, esto no representa ni el 1% de los vínculos posibles que cada productor podría establecer (grados de salida normalizados; ver **Freeman, 1979**). Es así que, en promedio, cada

productor recibe menciones por sus pares de apenas 0,4 vínculos (grados de entrada), y esto no llega a más del 0,3% de las menciones posibles que pudiera recibir. Esto indica que los productores tienden a mencionar o dirigir sus vínculos en solo pocos actores, principalmente los extensionistas (**figs. 2 y 3a**). En este sentido, los grados de salida no tienen tanta variación como los grados de entrada; esto hace referencia a que las nominaciones realizadas por los productores para buscar información son más estables, como máximo de 3, mientras que los vínculos reconocidos como fuentes de información son más heterogéneos (por ejemplo, un productor recibió menciones de hasta 6 veces).

El nivel de intermediación de los productores es de 0,74 (**tabla 1**), es decir, en promedio un productor intermedia menos de un camino geodésico, aunque existe un productor que intermedia hasta 16 pares de nodos. Es lógico que este indicador sea bajo, solo el 0,0027% del total de posibles caminos geodésicos se intermedian por productores en toda la red, y se debe en parte a la baja densidad de vínculos en la misma y también a que en su cálculo se considera

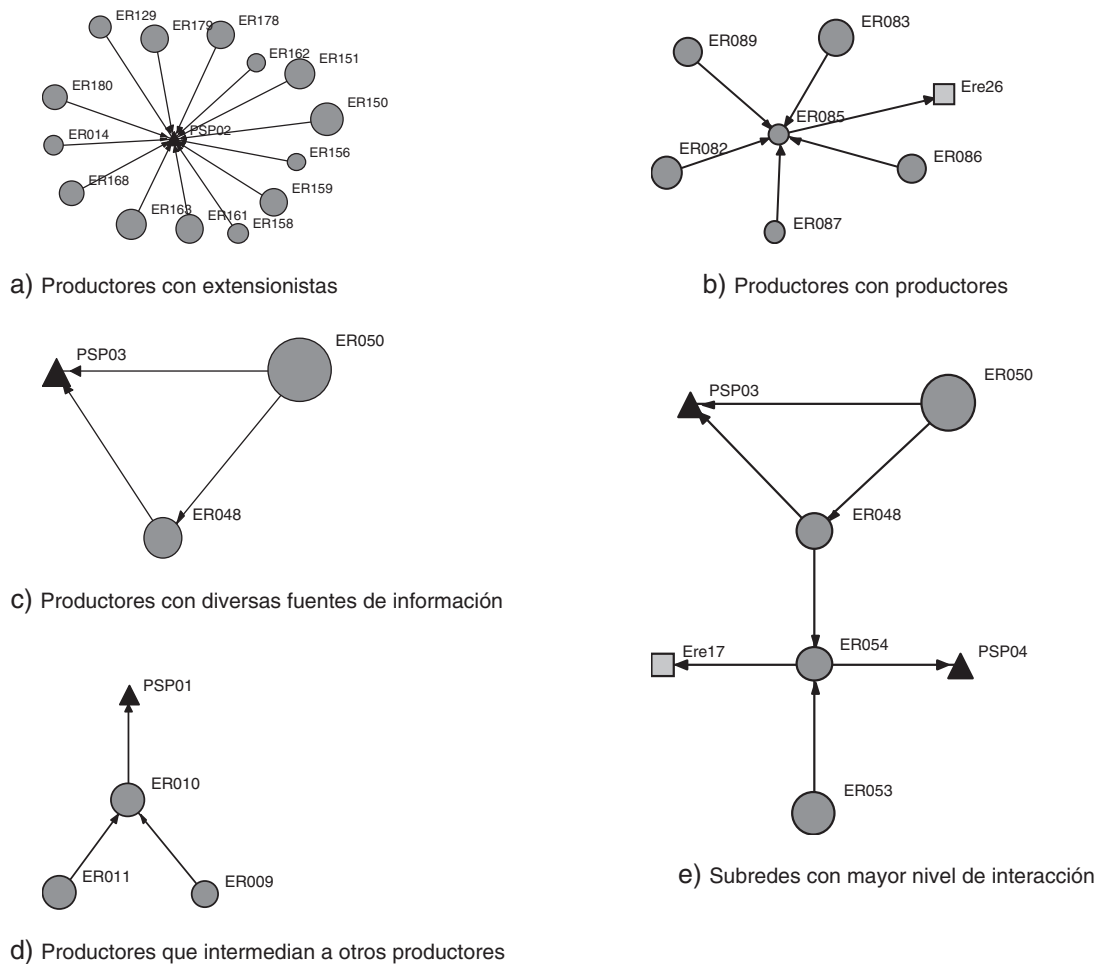


Figura 3. Patrones de interacción encontrados en la red de información. a) Productores con extensionistas. b) Productores con productores. c) Productores con diversas fuentes de información. d) Productores que intermedian a otros productores. e) Subredes con mayor nivel de interacción. Fuente: elaboración propia.

que los vínculos son dirigidos. Si los vínculos fueran no dirigidos, el indicador aumentaría pero no es la finalidad del uso del indicador en esta investigación, ya que, como indican algunos autores (Freeman, Borgatti, y White, 1991; Narayanam y Narahari, 2011), cuando un nodo intermedia a otros tiene un papel importante dentro de la red, y además se puede beneficiar en mayor medida de la información que fluye a través de él. Sin embargo, un elemento importante que se debe tomar en cuenta es que posiblemente la información no está fluyendo por caminos geodésicos (siguiendo a Borgatti, 2005).

Los resultados muestran que en promedio existe un mayor nivel de radialidad en los productores de hule que de integración (0,04 y 0,01, respectivamente), es decir, existen más productores radiales que pueden alcanzar e insertarse a la red a través de otros actores, que productores bien integrados que pueden servir como vínculo para conectar a otros productores fácilmente (ver coeficiente de variación, tabla 1).

Es común observar que la radialidad se debe principalmente a que los productores están conectados a extensionistas como su principal fuente de información, tipo estructuras de la figura 3a, pero también a que hay productores que identifican a sus pares como nodos fuente. Aún más, siguiendo con la idea mencionada por Costenbader y Valente (2003), en la medida en que algunos productores refieran a diferentes actores y estos a su vez refieran a otros, ello les permite que puedan alcanzar el interior de la red por diferentes caminos y a mayor profundidad (fig. 4). Por tanto, uno de los primeros hallazgos es destacar que los vínculos indirectos son relevantes en una red de intercambio de información y conocimiento

para la innovación. De esta forma, actores como los extensionistas juegan un papel fundamental al conectar a varios productores, lo cual fortalece su participación dentro de la red. Por otra parte, un productor bien integrado tiene implicaciones importantes porque con sus vínculos de entrada puede ser alcanzado y vincular a varios actores de manera rápida (Valente y Foreman, 1998) y con ello jugar un papel destacado en la difusión de información y conocimientos. Es importante observar que los extensionistas son los actores con mayores niveles de integración, ya que son las principales fuentes para la innovación que tienen los productores de hule (fig. 5). Los valores normalizados de la integración y radialidad de los productores indican que en promedio cada productor integra al 0,32% de los productores en la red; mientras que, en promedio, cada productor puede llegar al 1,08% de los actores presentes.

El nivel de innovación de los productores de hule, medido a través del INAI, fue la variable con la menor variación (tabla 1). Sin embargo, la adopción de innovaciones en promedio es baja ya que, de las 49 innovaciones analizadas, en promedio se adoptan 38,5% de ellas. El productor con el mayor INAI casi adopta el 50%, pero existen otros que apenas están adoptando una quinta parte. Estos datos permiten argumentar que la difusión de información y conocimiento encaminado a detonar la innovación debe ser estratégica con cierto tipo de productores y se deben promover innovaciones específicas para incrementar los niveles de eficiencia de las unidades de producción. Algunos autores han demostrado que mayores niveles de adopción de innovaciones están relacionados directamente con el crecimiento y la consolidación de empresas

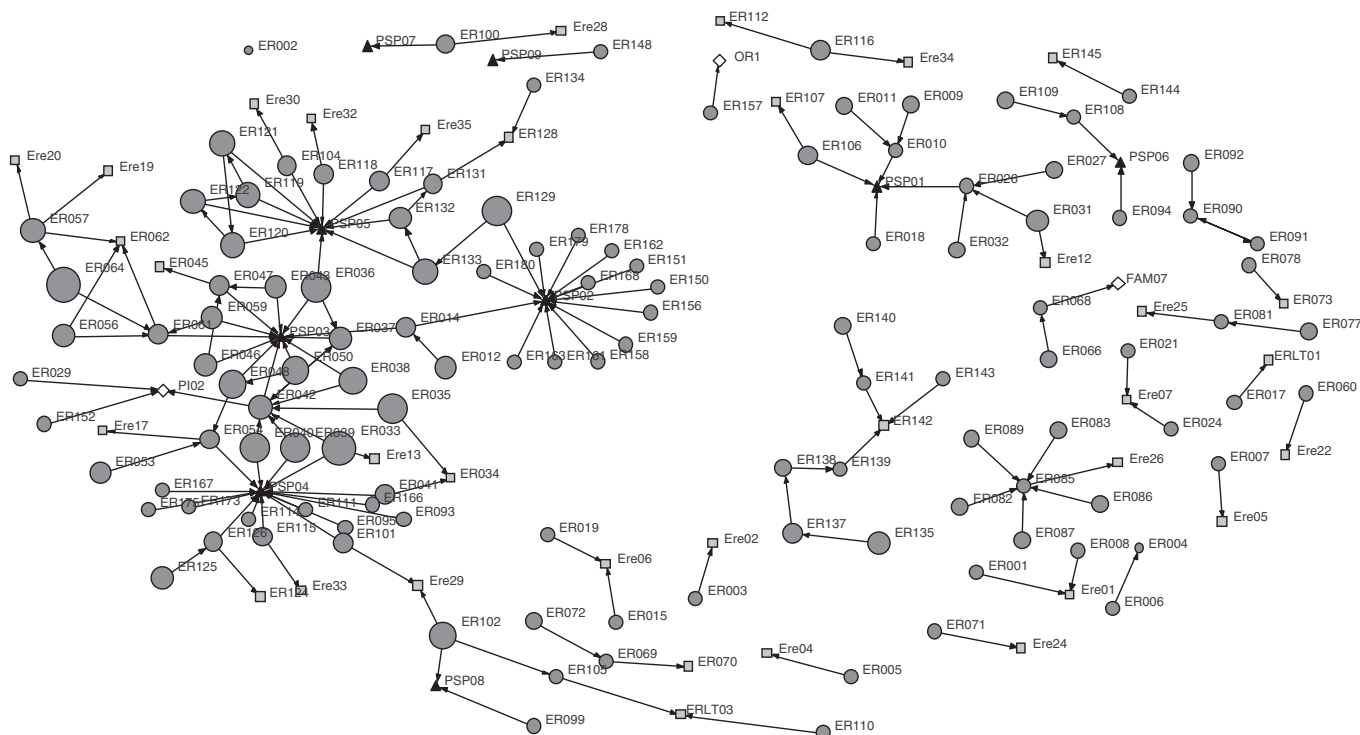


Figura 4. Red de información y nivel de radialidad de los productores de hule. El tamaño del nodo indica el nivel de radialidad normalizada. El código de colores y formas de los nodos es el mismo de la figura 2. En este caso, a mayor tamaño del nodo, mayor radialidad. Fuente: elaboración propia.

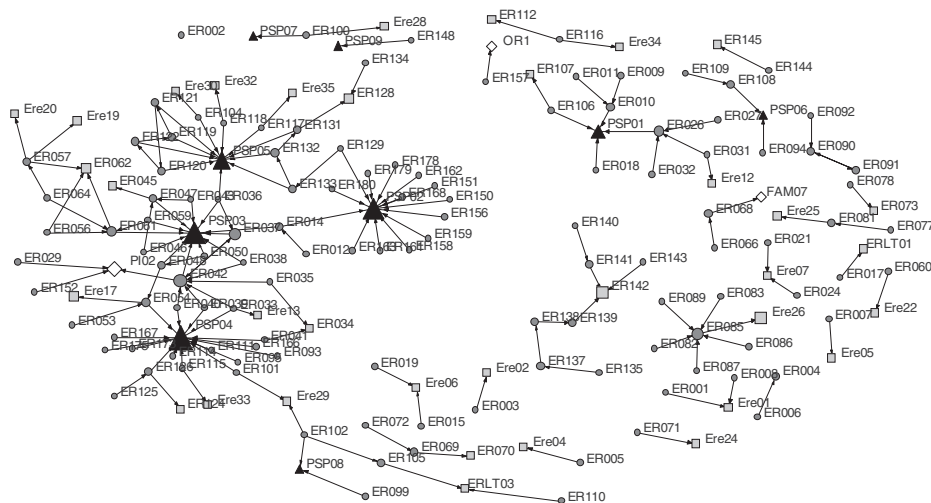


Figura 5. Red de información y nivel de integración de los productores de hule. El tamaño del nodo indica el nivel de integración normalizada. El código de colores y formas de los nodos es el mismo de la figura 2. En este caso, a mayor tamaño del nodo, mayor integración. Fuente: elaboración propia.

ovinas (Martínez-González et al., 2011), con mayor nivel de rendimiento en unidades de producción hortícola bajo invernadero (García Sánchez, Aguilar Ávila y Bernal Muñoz, 2011) y con una mayor creación de valor económico en productores de palma de aceite (Aguilar-Gallegos et al., 2015).

5.3. Correlación de los indicadores del análisis de redes sociales con los niveles de innovación

En la tabla 2 se reportan los resultados obtenidos del análisis de correlación entre los diferentes indicadores normalizados del ARS y el INAI, todos ellos referentes a los 120 productores de hule. El grado de salida (GS) es el indicador más correlacionado con las

demás variables analizadas; está altamente correlacionado con la radialidad ($p < 0,01$) precisamente porque los GS son la base de la radialidad. Esto es importante, porque normalmente se han tenido en cuenta los vínculos directos en el análisis de redes de intercambio de información y conocimiento; sin embargo, indicadores indirectos también podrían servir, y aún más cuando estos últimos proporcionan más información.

En los resultados descritos de la figura 2 se había señalado cómo visualmente los productores están muy relacionados con los extensionistas, y en la tabla 2 (indicado con VE) se puede verificar esta correlación altamente significativa ($p < 0,01$). Junto con ello, los GS están relacionados positiva y significativamente ($p < 0,01$) con el INAI de los productores. Con estos resultados se puede inferir que

Tabla 2

Correlación entre los indicadores obtenidos del análisis de redes sociales (ARS) y el índice de adopción de innovaciones (INAI)

	GS	GE	Im	Ig	Rd	CB	VE ^a	In
GS	1	0,223*	0,363**	0,271**	0,810**	0,260**	0,472**	0,352**
GE		1	0,861**	0,930**	0,046	0,958**	0,098	0,028
Im			1	0,843**	0,194*	0,859**	0,144	0,098
Ig				1	0,115	0,983**	0,112	0,042
Rd					1	0,091	0,217**	0,336**
CB						1	0,105	0,048
VE							1	0,272**
In								1

CB: centralidad de Bonacich; GE: grado de entrada; GS: grado de salida; Ig: integración; Im: intermediación; In: INAI; Rd: radialidad; VE: vínculo con extensionistas (PSP).

Fuente: elaboración propia.

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

^a Solo para calcular la correlación de la variable vínculo con extensionistas con las demás variables se utilizó el coeficiente de Tau-b de Kendall, en todas las demás se utilizó el coeficiente de Pearson

cuando los productores tienen mayores grados de salida y estos consideran vínculos con un actor de relevancia técnica, como son los extensionistas, se tiene una relación directa con los incrementos en el INAI; situación que coincide con hallazgos reportados por otros autores (Aguilar-Gallegos et al., 2015; Bozoglú y Ceyhan, 2007; Isaac, 2012; Mariano, Villano y Fleming, 2012; Monge Pérez y Hartwich, 2008; Wood et al., 2014), que si bien no evaluaron en su totalidad la adopción de innovaciones, sí lo hicieron para la adopción de prácticas y evaluaron el nivel de importancia que tienen los extensionistas en una red, entre otras variables. De esta forma, los resultados encontrados permiten afirmar que, dentro de una red de intercambio de información y conocimiento para la innovación, existen vínculos que generan mayor nivel de adopción y, por tanto, pueden ser considerados como de calidad, es decir, son una fuente de información relevante. Por tanto, los extensionistas tienen un papel importante en el sector agrícola, ya que funcionan como un agente que ayuda a difundir y articular conocimientos, además de estar asociados a acciones de promoción de nuevas tecnologías, capacitación y asistencia técnica a productores para mejorar su desempeño productivo (Muñoz Rodríguez y Santoyo Cortés, 2010); todo ello considerando el incremento de sus niveles de adopción de buenas prácticas e innovaciones.

Con respecto a los grados de entrada (GE), estos están alta y significativamente ($p < 0,01$) correlacionados con la centralidad de Bonacich (CB), la integración (Ig) y la intermediación (Im) (tabla 2), lo cual muestra la relevancia de los productores mayormente integrados en la red. De esta forma, se puede mencionar que un productor bien integrado está intermediando información y conocimiento entre pares de otros productores. Además, cuando un productor está integrado, su CB aumenta y por tanto puede lograr mayor influencia sobre otros productores. En este sentido, coherente con Valente (2012), se considera que estos actores pueden ser considerados y seleccionados como actores clave en estrategias encaminadas a intervenir un sistema; en el caso de este artículo, para difundir innovaciones dentro de las estructuras sociales preexistentes entre los productores y otros actores. Además, siguiendo con los argumentos de Bonacich (1972, 1987), el estatus de un actor dentro de una red —y por lo tanto la influencia que tenga sobre los actores que en ella participan— no solo dependerá de con quién esté conectado, sino también de aquellos con los que están conectados sus vínculos directos. Estos actores pueden ser de gran valía dentro de una red de innovación, pues otros productores socialmente distantes pueden verse beneficiados por sus vínculos indirectos, ya que, como indica Granovetter (1973), es a través de los vínculos indirectos o débiles que un actor puede alcanzar información

y conocimiento que no es accesible para él a través de los actores con los cuales está directamente conectado. Escalando este tipo de hallazgos, se considera que tienen el potencial de ser usados para articular a diferentes actores a diferentes niveles en un sistema de innovación y con esto fortalecerlo (siguiendo a Klerkx et al., 2010; Muñoz Rodríguez y Santoyo Cortés, 2010; Spielman et al., 2008), debido a que la identificación y selección de actores que están manteniendo las redes del sistema de innovación es un elemento primordial para diseñar una intervención sobre el sistema.

También se encontró que los GE no están relacionados con los VE debido al tipo de pregunta planteada en este estudio; es decir, no es posible recibir una nominación por parte de un extensionista hacia un productor, y esto debido a que solo se encuestó a productores y no a extensionistas, aunque no se duda que se pudieran encontrar elementos de interacción del tipo extensionista → productor; en este punto podrían existir investigaciones futuras que abunden en las fuentes de información y conocimiento de los extensionistas.

Un hallazgo relevante es que los GE no están relacionados con el INAI (In); esto llama la atención porque si los GE se deben a las nominaciones de otros productores, sería lógico suponer que es porque los productores referidos tienen niveles de innovación más altos, pero los resultados muestran que no es así, lo cual lleva a plantear algunas probables causas que pudieran ser consideradas para futuras investigaciones: i. Tomando como base las categorías propuestas por Rogers (2003), es posible que los agricultores innovadores sean los más integrados, pero una vez introducida la innovación, son los productores más radiales los que se apropian de la misma, representando los primeros adoptantes; ii. Otra posibilidad es que la fuerte presencia de extensionistas (PSP) en la red hace que los agricultores prefieran tener fuentes de conocimiento más «profesionales» o «confiables», y junto con ello de mejor estatus en la red; en este sentido, Isaac (2012) encontró que los agricultores tienden a disminuir su red egocéntrica y a enfocar sus vínculos hacia agentes de extensión; iii. Por último, otra posibilidad es que los agricultores referencian a sus pares no solo por sus niveles de innovación sino por otro tipo de características, ya sean por su generosidad para compartir conocimientos, de posicionamiento social, de estatus productivo, antigüedad en la actividad, etc. Lo cual abre nuevos cuestionamientos sobre los atributos y otras variables que tienen los agricultores, mismos que pudieran estar relacionados al tipo de atributos relacionales que posee, situación que hace falta investigar, al igual que redes dinámicas para ver los procesos de intercambio de información y conocimiento en el tiempo.

Considerando la intermediación (Im), los resultados obtenidos (tabla 2) muestran que este indicador está correlacionado con la centralidad de Bonacich (CB) ($p < 0,01$), y además con la integración (Ig) ($p < 0,01$). A su vez, la Ig tiene una relación muy importante con la CB ($p < 0,01$), lo cual indica que en la red de información son importantes las nominaciones que reciben los agricultores y que provienen de sus pares, porque es a través de esas nominaciones que los agricultores están bien integrados, además de ser intermediarios de la conexión de otros productores y poseer mayores niveles de influencia dentro de la red. Lo cual confirma que estos podrían ser claves al momento de implementar estrategias de difusión de innovaciones (Aguilar Ávila et al., 2011; Muñoz Rodríguez et al., 2007b; Valente, 2012).

Otro indicador con potencial es la radialidad (Rd), ya que los resultados obtenidos en esta variable (tabla 2) corroboran lo que se visualiza en las figuras 2 y 4: que existe correlación significativa entre la Rd de los productores y los vínculos que establecen con los extensionistas (VE) ($p < 0,01$). Además, también se encontró que la Rd está relacionada positivamente con los niveles de innovación (INAI) ($p < 0,01$), y a su vez, los VE tienen relación con el INAI ($p < 0,01$). Con estos resultados se vuelve a confirmar la importancia que tienen las fuentes de información y conocimiento de calidad, como son los extensionistas, ya que cuando un productor

los menciona —y por tanto se vuelven radiales a ellos—, esto está relacionado con un mayor nivel de innovación.

6. Conclusiones

Este artículo hizo énfasis en que el ARS es útil para analizar los patrones de interacción entre agricultores y actores presentes en una red, lo que permite entender los procesos de búsqueda de información y conocimiento para innovar. Además, se resaltó la importancia de no solo considerar los vínculos directos que poseen los agricultores al momento de estudiar los procesos de intercambio de información y conocimiento, enfoque con el cual se han abordado varios análisis empíricos. De esta forma, los resultados de esta investigación demuestran la importancia de considerar los vínculos indirectos en un proceso de intercambio de información entre diversos actores, debido a que un agricultor puede acceder a información socialmente distante a través de otros actores con los cuales está directamente conectado y con quienes tiene vínculos no comunes al resto de los agricultores. Es decir, no solo importan las conexiones directas que un agricultor posee, sino también las que tienen los actores a los cuales está conectado, lo cual amplía la visión de que solo los vínculos que fortalecen la red de innovación son locales y cercanos, sino que también son importantes los vínculos fuera de la red directa —y que por tanto son más lejanos—, logrando con ello articular a otros y diferentes actores.

En esta investigación se encontró que existen productores con características reticulares destacables, lo cual también tiene implicaciones importantes, pues a través de «agricultores clave» se podría alcanzar un mayor número de agricultores, ya que estos están bien integrados en la red. Estos actores permitirían que nueva información y conocimiento vertido a una red de innovación se difundiera rápidamente, además de actualizarla. Sin embargo, en este punto el artículo tiene una limitante debido a que hace falta analizar de forma longitudinal (en el tiempo) estos cambios dinamizados a través de los actores mencionados. Se debe considerar, además, analizar otros atributos que poseen los agricultores, tanto personales (género, edad, escolaridad, etc.) como de dotación de activos (superficie de la plantación, etc.), así como algunos indicadores técnicos y económicos (rendimiento, ingreso, utilidad, etc.) que pueden estar influyendo tanto en la articulación de la red como en su decisión de adopción.

Los hallazgos en este artículo permiten recomendar que los programas encaminados a catalizar la innovación agrícola tengan en cuenta los patrones de interacción preexistentes en la red de información y conocimiento que cotidianamente se intercambia entre los agricultores, y considerar a los servicios de extensión y a los agricultores altamente referidos como articuladores de la red, mismos que en diferentes niveles podrían articular y facilitar un sistema de innovación. Este estudio proporciona evidencia empírica de que indicadores como la integración y la radialidad pueden ser útiles para la selección de actores que ayuden a catalizar los procesos de innovación agrícola. Además, dentro de estos mecanismos se debe considerar a los agricultores radiales, pues si bien ellos no son tan referidos por sus pares, saben cómo acceder e insertarse adecuadamente a la red.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

Aguilar Ávila, J., Rendón Medel, R., Muñoz Rodríguez, M., Altamirano Cárdenas, J. R. y Santoyo Cortés, V. H. (2011). Agencias para la gestión de la innovación en territorios rurales. En M. Del Roble Pensado Leglise (Ed.), *Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas* (pp. 79–98). México, DF: Siglo XXI.

- Aguilar Gallegos, N., Muñoz Rodríguez, M., Santoyo Cortés, V. H. y Aguilar Ávila, J. (2013). Influencia del perfil de los productores en la adopción de innovaciones en tres cultivos tropicales. *Teuken Bidikay*, 4, 207–228.
- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, H., Aguilar-Ávila, J. y Klerkx, L. (2015). Information networks that generate economic value: A study on clusters of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm growers in Mexico. *Agricultural Systems*, 135, 122–132.
- Aguirre Ríos, C. E. y Santoyo Cortés, V. H. (2013). *El cultivo del árbol del hule (Hevea brasiliensis Muell. Arg.): avances y retos en la gestión de la innovación*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM.
- Aguirre, J. (2015). Inteligencia estratégica: un sistema para gestionar la innovación. *Estudios Gerenciales*, 31(134), 100–110.
- Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170–1182.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology*, 2(1), 113–120.
- Borgatti, S. P. (2002). *Netdraw Network Visualization*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Borgatti, S. P. (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1), 55–71.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. y Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. y Johnson, J. C. (2013). *Analyzing Social Networks*. London: SAGE Publications Limited.
- Bozoğlu, M. y Ceyhan, V. (2007). Measuring the technical efficiency and exploring the inefficiency determinants of vegetable farms in Samsun province Turkey. *Agricultural Systems*, 94(3), 649–656.
- Costenbader, E. y Valente, T. W. (2003). The stability of centrality measures when networks are sampled. *Social Networks*, 25(4), 283–307.
- De Arteché, M., Santucci, M. y Welsh, S. V. (2013). Redes y clusters para la innovación y la transferencia del conocimiento. Impacto en el crecimiento regional en Argentina. *Estudios Gerenciales*, 29(127), 127–138.
- De Nooy, W., Mrvar, A. y Batagelj, V. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- De Stefano, D., Fuccella, V., Vitale, M. P. y Zaccarin, S. (2013). The use of different data sources in the analysis of co-authorship networks and scientific performance. *Social Networks*, 35(3), 370–381.
- EU-SCAR. (2012). Agricultural Knowledge and Innovation Systems in Transition—a reflection paper. Brussels: European Commission. <http://doi.org/10.2777/34991>.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239.
- Freeman, L. C., Borgatti, S. P. y White, D. R. (1991). Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. *Social Networks*, 13(2), 141–154.
- García Sánchez, E. I., Aguilar Ávila, J. y Bernal Muñoz, R. (2011). La agricultura protegida en Tlaxcala. Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización. *Teuken Bidikay*, 2, 193–212.
- Granovetter, M. S. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360–1380.
- Hanneman, R. A. y Riddle, M. (2011). Concepts and measures for basic network analysis. En J. Scott y P. J. Carrington (Eds.), *The SAGE Handbook of Social Network Analysis* (pp. 340–369). London, UK: SAGE.
- Hartwich, F., Monge Pérez, M., Ampuero Ramos, L. y Soto, J. L. (2007). Knowledge management for agricultural innovation: Lessons from networking efforts in the Bolivian Agricultural Technology System. *Knowledge Management for Development Journal*, 3(2), 21–37.
- Hayami, Y. y Ruttan, V. W. (1989). *Desarrollo agrícola: una perspectiva internacional*. México, DF: Fondo de Cultura Económica.
- Isaac, M. E. (2012). Agricultural information exchange and organizational ties: The effect of network topology on managing agrodiversity. *Agricultural Systems*, 109, 9–15.
- Jackson, M. O. (2008). *Social And Economic Networks*. New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Klerkx, L., Aarts, N. y Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems*, 103(6), 390–400.
- Klerkx, L., Hall, A. y Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: Are innovation brokers the answer? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 8(5/6), 409–438.
- Klerkx, L. y Leeuwis, C. (2008). Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: Experiences with innovation intermediaries. *Food Policy*, 33(3), 260–276.
- Mariano, M. J., Villano, R. y Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110, 41–53.
- Marin, A. y Wellman, B. (2011). Social network analysis: An introduction. En J. Scott y P. J. Carrington (Eds.), *The SAGE Handbook of Social Network Analysis* (pp. 11–25). London, UK: SAGE.
- Marsden, P. V. (1990). Network data and measurement. *Annual Review of Sociology*, 16(1), 435–463.
- Marsden, P. V. (2005). Recent development in network measurement. En P. J. Carrington, J. Scott, y S. Wasserman (Eds.), *Models and Methods in Social Network Analysis* (pp. 8–30). New York: Cambridge University Press.
- Martínez-González, E. G., Muñoz-Rodríguez, M., García-Muñoz, J. G., Santoyo-Cortés, V. H., Altamirano-Cárdenas, J. R. y Romero-Márquez, C. (2011). El fomento de la ovinocultura familiar en México mediante subsidios en activos: lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 367–377.

- Monge Pérez, M. y Hartwich, F. (2008). Análisis de Redes Sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 14(2), 1–31.
- Muñoz Rodríguez, M., Aguilar Ávila, J., Rendón Medel, R. y Altamirano Cárdenas, J. R. (2007). *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM/PIIAL.
- Muñoz Rodríguez, M., Altamirano Cárdenas, J. R., Aguilar Ávila, J., Rendón Medel, R. y Espejel García, A. (2007). *Innovación: motor de la competitividad agroalimentaria. Políticas y estrategias para que en México ocurra*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM/PIIAL.
- Muñoz Rodríguez, M. y Santoyo Cortés, V. H. (2010). Del extensionismo a las redes de innovación. En J. Aguilar Ávila, J. R. Altamirano Cárdenas, y R. Rendón Medel (Eds.), *Del extensionismo a las redes de innovación* (pp. 31–69). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM.
- Narayanam, R. y Narahari, Y. (2011). Topologies of strategically formed social networks based on a generic value function—Allocation rule model. *Social Networks*, 33(1), 56–69.
- OECD. (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (3rd ed). Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2013). *Regions and Innovation Collaborating across Borders*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2014). *Innovation and modernising the rural economy*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Perez, C. (2004). Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. En E. S. Reinert (Ed.), *Globalization, Economic Development and Inequality: An Alternative Perspective* (pp. 217–242). Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Rajalahti, R., Janssen, W. y Pehu, E. (2008). *Agricultural Innovation Systems: From Diagnostics toward Operational Practices Systems*. Washington, DC: Agriculture and Rural Development Department, World Bank.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed). New York, NY: Free Press.
- SAGARPA-SIAP (2014). Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) [consultado 7 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>.
- SAS (2004). SAS/STAT (R). User's Guide, Version 9. Cary, N.C., USA: Statistical Analysis System.
- Spielman, D. J., Ekboir, J. y Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society*, 31(4), 399–405.
- Spielman, D. J., Ekboir, J., Davis, K. y Ochieng, C. M. O. (2008). An innovation systems perspective on strengthening agricultural education and training in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 98(1), 1–9.
- Valente, T. W. (2012). Network interventions. *Science*, 337(6090), 49–53.
- Valente, T. W. (1996). Social network thresholds in the diffusion of innovations. *Social Networks*, 18(1), 69–89.
- Valente, T. W. (1995). *Network models of the diffusion of innovations*. Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Valente, T. W. y Foreman, R. K. (1998). Integration and radiality: Measuring the extent of an individual's connectedness and reachability in a network. *Social Networks*, 20(1), 89–105.
- Velázquez-Álvarez, O. A. y Aguilar-Gallegos, N. (2005). *Manual introductorio al análisis de redes sociales. Ejemplos prácticos con UCINET 6.85 y NETDRAW 1.48. Medidas de centralidad*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Wasserman, S. y Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Wood, B. A., Blair, H. T., Gray, D. I., Kemp, P. D., Kenyon, P. R., Morris, S. T., et al. (2014). Agricultural science in the wild: A social network analysis of farmer knowledge exchange. *PLoS One*, 9(8), e105203.
- World Bank. (2012). *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook*. Washington, DC: The World Bank.